

*Über die Ursache des Tones bei der chemischen Harmonika.*

Von Prof. A. Schrötter <sup>1)</sup>.

Die unter dem Namen der chemischen Harmonika schon seit Higgins (1777) bekannte akustische Erscheinung, welche allenthalben als Schulversuch gezeigt wird, ist nichts desto weniger noch immer nicht genügend erklärt. Die Physiker, welche sich mit der genannten Erscheinung beschäftigen, wie Deluc, Chladni, de la Rive, Pictet, Faraday u. a. waren vorzugsweise nur zu zeigen bemüht, dass es nicht die über die Wasserstoffgas-Flamme gehaltene Röhre, sondern die in derselben befindliche Luftsäule ist, welche tönt. Als Ursache der Schwingungen dieser Luftsäule begnügte man sich eine Reihe schnell auf einander folgender Explosionen anzunehmen, und selbst in dem so vortrefflichen neuesten Lehrbuche der Physik von Eisenlohr heisst es hierüber Seite 194: „die schnell aufeinander folgenden Verpuffungen des Gases und die Verdichtung des entstandenen Wasserdampfes bringen den Ton hervor“.

Im Allgemeinen kann diese Erklärung allerdings als richtig gelten, so wie ja auch bei den Blasinstrumenten die Luftsäule entweder durch eine schwingende Platte oder durch Reflexionen und darauf folgende Interferenzen in tönende Schwingungen versetzt wird. Welches aber der Vorgang ist, durch welchen bei der chemischen Harmonika diese Erschütterungen entstehen, das ist in der That noch nicht klar ermittelt.

Die folgenden Versuche dürften dazu dienen, diese Lücke auszufüllen:

Lässt man Wasserstoffgas aus einer etwa 5 Millim. weiten, in eine Spitze mit einer Öffnung von etwa 1 Millim. im Durchmesser

---

<sup>1)</sup> Siehe die Anmerkung auf Seite 4 dieses Bandes. Es muss bemerkt werden, dass diese Mittheilung mit Ausnahme einiger Zusätze, die durch später bekannt gewordene Umstände nothwendig wurden, in ihrer ursprünglichen Form, wie sie schon im Jahre 1844 geschrieben wurde, hier abgedruckt erscheint.

ausgezogenen, Glasröhre aus der Gasentbindungsflasche ausströmen und entzündet dasselbe, nachdem alle atmosphärische Luft durch das Gas verdrängt ist, so brennt es mit gelber Flamme ruhig fort, wenn man nur dafür sorgt, dass sich nicht Tropfen durch die mit in die Höhe gerissenen Flüssigkeittheilchen in der Röhre sammeln; diese verschliessen sie zeitweise und machen so die Flamme verlöschen. Ist die Röhre weit genug, so hat man dies nicht zu besorgen.

Um nun alle Erscheinungen, welche die chemische Harmonika begleiten, beobachten zu können, ist es nothwendig den Versuch in einem finsternen Zimmer anzustellen. Der Vernachlässigung dieses Umstandes allein ist es wohl zuzuschreiben, dass mehrere dieser Erscheinungen bisher unbekannt geblieben sind. Führt man nämlich die Flamme, die, wie begreiflich, im Finstern etwas mehr leuchtend erscheint, in eine ungefähr 1 Meter lange, 3 Centimeter weite Glasröhre bis zu einer Tiefe von etwa 2 Decimeter ein, so wird dieselbe nach kurzer Zeit schmaler, länger und man könnte sagen gespannter, gleichsam als wäre sie von einem starken aufwärts gehenden Luftstrom, der in der That in der Röhre vorhanden aber nicht die Ursache dieser Erscheinung ist, afficirt. An der inneren Seite der Ausströmungsöffnung wird ferner ein blauer Lichtschein bemerkbar, der sich bald zu einer schönen blauen Flamme vergrössert, die den oberen Theil der Röhre unter der Ausströmungsöffnung ausfüllt und der Form und Grösse nach der äusseren Flamme gleicht. Es erscheinen also an der Öffnung der Röhre gewissermassen zwei Flammen, eine äussere gelbe, und eine innere blaue, für welche diese Öffnung als gemeinschaftliche Basis dient. Der wesentliche Umstand hiebei ist aber der, dass die Luftsäule erst dann zu tönen beginnt, wenn die innere Flamme sich gebildet hat, und dass bei der oben angegebenen Art den Versuch anzustellen, alles was die Bildung der inneren Flamme hindert, auch das Tönen der Luftsäule nicht eintreten lässt, wie weiter unten gezeigt werden wird.

Aus den hier angeführten Thatsachen ergibt sich meines Erachtens eine genügende Erklärung der Ursache des Tones bei der chemischen Harmonika, die wenigstens dann passt, wenn diese in der angegebenen Weise hervorgebracht wird.

Wenn nämlich aus der engen Öffnung einer Röhre Wasserstoffgas strömt, so ist die Menge in der dies geschieht, unabhängig von

dem Umstande, ob das Gas an derselben entzündet wird oder nicht, so lange es nur ungehindert in den freien Raum gelangt. Ein Hineinbrennen in die Röhre ist so lange nicht möglich, als sich Gas in hinreichender Menge entwickelt. Führt man aber die Flamme in eine weitere, vertical gehaltene Röhre in geeigneter Weise ein, so sondert man den durch die Wärme der Flamme bewirkten, aufsteigenden Luftstrom von der übrigen Luftmasse ab, und es muss die Luft desselben eine grössere Geschwindigkeit erhalten, als sonst der Fall gewesen wäre. Hiedurch wird aber der Druck vermindert, welcher auf die in der Entwicklungsflasche befindliche Luft stattfand; es strömt daher mehr Gas aus, als früher. Da aber die Gasentwicklung nicht in demselben Verhältnisse zunimmt, so muss dieses Mehrausströmen eine Verdünnung der Luft in der Flasche bewirken, wodurch die frühere Ausströmungsgeschwindigkeit rasch wieder hergestellt würde, wenn nicht durch das Zurückweichen der Flamme in den sie zunächst umgebenden Theilchen des aufsteigenden Luftstromes eine seitliche und endlich, wegen der Luftverdünnung an der Verbrennungsstelle, sogar eine nach abwärts gerichtete Bewegung veranlasst würde. Das verbrennende, mit abnehmender Geschwindigkeit ausströmende Gas saugt so die atmosphärische Luft gegen die Mündung des Rohres hin, wo sie mit der dabei erlangten Geschwindigkeit in das Rohr eintritt und die Verbrennung des Gases innerhalb desselben fortsetzt. Hiedurch wird aber eine in dem Masse vermehrte Zuströmung des Gases bewirkt, als die abwärts dringende Luft an Geschwindigkeit verliert, da jetzt der Verbrennungsraum im Ausströmungsrohre als Sauger auf das Gas in der Flasche wirkt. Wie aber der Gasstrom stärker wird, muss das Heraustreten desselben aus der Mündung um so rascher erfolgen, da der aufsteigende Luftstrom in der äusseren Röhre dies unterstützt. Dieses Spiel wiederholt sich nun von neuem. Das Gas steigt erst bis zu einer gewissen, dem Drucke in der Flasche entsprechenden Höhe aufwärts, überschreitet diese, erleidet dadurch rasch die durch den unveränderten Druck in der Flasche bedingte Verzögerung u. s. f. Das Hinaus- und Hineinbrennen wechselt somit schnell nacheinander und die über der Mündung des Ausströmungsrohres befindlichen Lufttheilchen werden hiedurch wie von einer gegen die Mündung hin schwingenden Stimmgabel auf- und abwärts gestossen, so dass eigentlich der Vorgang derselbe ist, wie in einer offenen Zungenpfeife.

Hieraus geht hervor, dass die beiden Flammen, welche man im Finstern sieht, nicht gleichzeitig bestehen, dass aber die Empfindung, welche sie auf der Netzhaut erregen, länger dauert, als das Zeitintervall, welches zwischen ihrer Bildung liegt.

Diese oscillirende Bewegung der Luft an der Ausströmungsöffnung wirkt aber auf die Luftsäule in der über die Flamme gehaltenen Röhre gerade so, wie eine in der Richtung der Axe derselben schwingende Stimmgabel, deren Oscillationsphasen mit den Dimensionen der Luftsäule in einem einfachen Verhältnisse stehen.

Den vorhergehenden Thatsachen und Schlüssen gemäss schien es mir nicht wahrscheinlich, dass die Flamme des Schwefelwasserstoffgases die Luftsäule zum Tönen bringen könne, da die hiebei gebildete schweflige Säure, indem sie in die Röhre tritt, das Hineinbrennen verhindern muss, es also gar nicht zur Bildung einer inneren Flamme, der Ursache der schwingenden Bewegung, und somit des Tones, kommen kann. Die Erfahrung bestätigte diese Voraussetzung vollständig, indem es mir selbst bei mehrfach abgeänderten Versuchen nicht gelang, durch die Flamme des Schwefelwasserstoffgases eine chemische Harmonika hervorzubringen, selbst dann nicht, als ich jetzt nach dem Vorgange des Grafen Schaffgotsch, Töne von verschiedener Höhe und Stärke neben der Flamme hervorbrachte. Hiemit ist jedoch nicht gesagt, dass es nicht dennoch Umstände geben könne, unter welchen die Flamme hiezu tauglich ist, indem den Bedingungen zur Einleitung von tönenden Schwingungen der die Flamme umgebenden Luftsäule auf andere Weise entsprochen wird.

Bringt man auf die Spitze der Ausströmungsröhre, die unmittelbar mit der Gasentwicklungsflasche verbunden ist, eine Spirale von Platindrath, der so dick ist, dass das Davy'sche Glühphänomen einige Zeit dauert, ehe sich das Gas wieder entzündet, so erhält man keinen Ton bis letzteres eingetreten ist. In demselben Augenblicke entsteht aber sogleich die blaue innere Flamme. Man kann es bald dahin bringen, dass die beiden Flammen, die innere und die äussere, anfangs nur langsam mit einander wechseln und mit kleinen Explosionen auftreten, bis der Ton sich bildet und die beiden Flammen beständig werden. Die Platinspirale ist auch ein gutes Mittel das Auslöschen der Flamme zu verhindern.

Überhaupt muss, wie eben aus dem hier beschriebenen Versuche hervorgeht, jede Änderung in der Anordnung des Röhrensystemes.

durch welches das Gas strömt, einen Einfluss auf den Vorgang bei der Entstehung des Tones üben, und die interessanten, vom Grafen Schaffgotsch beobachteten Erscheinungen stellen sich als nothwendige Folgen der hier entwickelten Theorie heraus. Alles, was nämlich auf die an der Ausströmungsröhre beginnende pendelartige Bewegung der Luft Einfluss übt, wird auch die später auftretenden Schallschwingungen afficiren. Lässt man z. B. das Gas, ehe es zur Ausströmungsöffnung gelangt, durch ein etwa 1·5 Meter langes zweischenkliges Rohr gehen, das mit Bimssteinstücken gefüllt oder auch ganz leer ist, so erhält man eine Flamme, die fast immer nur durch Anschlagen eines starken Tones die Luftsäule zum Tönen bringt und wobei man keine innere Flamme wahrnimmt. Dasselbe ist auch bei der Flamme des Leuchtgases der Fall. Die aus dem vorliegenden Röhrensysteme wie aus einem Windkasten gleichförmig ausströmende Luft ist zu unempfindlich gegen die schwachen Erschütterungen an ihrem Ende, und es muss der Ton erst von aussen durch eine passende Ursache erzeugt werden.

Man kann hierbei nicht umhin an die schönen Versuche von Savart zu denken, durch welche der Einfluss von Schallwellen auf einen Wasserstrahl nachgewiesen wird.

Wie schon oben bemerkt wurde, bietet die innere Flamme an der Ausströmungsöffnung noch eine andere bemerkenswerthe Erscheinung dar. Sie ist nämlich schön blau, wie die des Kohlenoxydgases, während die äussere Flamme fast das complementäre Gelb zeigt. Die nächste Ursache dieser Erscheinung dürfte wohl in der Abkühlung zu suchen sein, welche die Flamme an den Wänden der Glasröhre erfährt; wenigstens stellt sich heraus, dass alle Umstände, welche eine solche Abkühlung bewirken, die Wasserstoffgasflamme blau machen. Dies geschieht z. B. durch Hineinhalten eines Porzellanscherbens, eines Platinbleches und dergleichen mehr. Warum eine Abkühlung der Flamme eine solche Wirkung auf ihre Farbe hervorbringt, mag vorläufig noch dahingestellt bleiben. Vielleicht geschieht dies nur indem fremde, glühende, in der gewöhnlichen Wasserstoffgasflamme schwebende Körper eben durch die Abkühlung nicht zum Glühen gelangen, was nicht ohne Einfluss auf die Flamme bleiben kann.